



Modem H.F. à diversité d'antennes

Clency Perrine, Yvon Erhel, Dominique Lemur, Alain Bourdillon

► To cite this version:

Clency Perrine, Yvon Erhel, Dominique Lemur, Alain Bourdillon. Modem H.F. à diversité d'antennes. MajecSTIC 2005: Manifestation des Jeunes Chercheurs francophones dans les domaines des STIC, IRISA – IETR – LTSI, Nov 2005, Rennes, pp.88-93. inria-00000837

HAL Id: inria-00000837

<https://inria.hal.science/inria-00000837>

Submitted on 23 Nov 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modem H.F. à diversité d'antennes

Clency Perrine¹, Yvon Erhel², Dominique Lemur¹ et Alain Bourdillon¹

¹Institut d'Electronique et Télécommunications de Rennes Université de Rennes 1

²Centre de Recherches des Ecoles de Coëtquidan 56381 GUER France

Résumé : Cet article présente un système opérationnel de transmission numérique d'images fixes dans la bande des Hautes Fréquences (H.F.). La particularité de ce modem est d'utiliser une diversité d'antennes en réception dans le but d'améliorer le débit standard de transmission qui est généralement limité à 4800 bits/s. Un traitement spatio-temporel basé sur l'algorithme C.M.A. est associé au réseau hétérogène d'antennes. Des résultats expérimentaux sont présentés, montrant ainsi que le débit atteint est de 40 kbits/s dans une bande de 12 kHz.

Mots Clés : Traitement multivoies, égalisation aveugle, propagation H.F., antennes hétérogènes.

1 INTRODUCTION

L'ionosphère affecte la transmission des ondes H.F.: l'évanouissement du signal ou encore la sélectivité en fréquence sont des phénomènes qui perturbent fortement la transmission et limitent les performances d'un système de communication. Le débit utile standard est typiquement de 4800 bits/s. Cet article présente un modem H.F. opérationnel appliqué à la transmission d'images et permettant d'atteindre un débit de 40 kbits/s. Pour atteindre de telles performances, un traitement multi-capteurs basé sur une égalisation aveugle (Constant Algorithm Modulus ou C.M.A.) est utilisé, associé à un réseau hétérogène d'antennes qui a la particularité de discerner les ondes selon leur direction d'arrivée et leur polarisation. Le codage conjoint source canal utilisé dans cette application est basé sur l'algorithme « Wavelet Transform Self Organized feature Maps » ou « WTSOM » [Souhard, 2004]. Enfin, une liaison expérimentale a été réalisée entre Valensole (Alpes du Sud) et Monterfil (près de Rennes) donnant lieu à une série de résultats.

2 CANAL IONOSPHERIQUE : CONSEQUENCES SUR LA TRANSMISSION

En plus du caractère multitrajets de la propagation, le champ magnétique terrestre engendre l'anisotropie du canal ionosphérique. Ce phénomène a pour conséquence de générer pour chaque trajet deux modes de propagation différents, appelés O (Ordinaire) et X (eXtraordinaire). Dans le cas de deux modes complémentaires, un décalage Doppler différentiel non nul entre les deux modes interférents induit un évanouissement temporel du signal reçu. Le Rapport

Signal à Bruit (R.S.B.) varie au cours du temps (un exemple est donné sur la figure 1), pouvant même dans certains cas, complètement s'annuler. En conséquence, la transmission s'en trouve dégradée.

La sélectivité en fréquence (figure 2) est due aux multitrajets. Cette dernière peut être combattue par une égalisation adéquate. En revanche, il est plus difficile de combattre le fading en utilisant une seule antenne en réception; codage et entrelacement devront être employés [Stanag, 4285], diminuant ainsi le débit utile. Pour éviter cela, un réseau hétérogène d'antennes est utilisé.

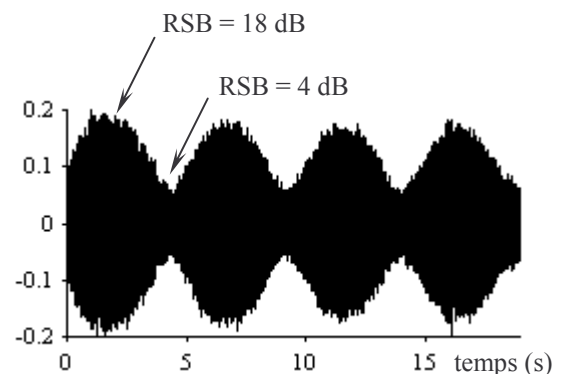


Figure 1 : Fading

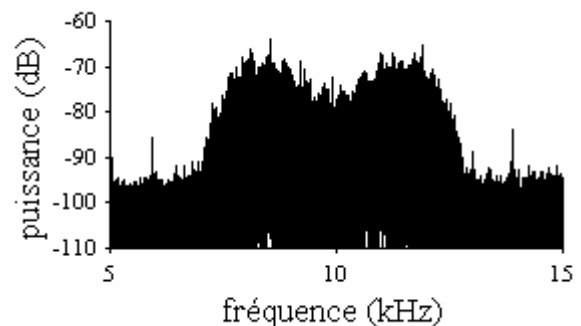


Figure 2 : Sélectivité en fréquence

3 RESEAU HETEROGENE

Un réseau hétérogène d'antennes est composé de capteurs aux formes ou aux orientations différentes les uns des autres. Il a été démontré [Erhel, 2004] que le traitement multivoies présentait dans ce cas une sensibilité à la polarisation, ce qui améliore la décorrélation des signaux reçus sur chaque voie.

La figure 3 présente les signaux issus d'un réseau hétérogène sur 4 voies. L'existence de multitrajets est matérialisée par la présence d'évanouissements tandis que les légères différences de dynamique d'une voie à l'autre sont imputables au fait que les antennes utilisées ne sont pas du même type. Les minima de puissance n'apparaissent pas aux mêmes instants sur chacune de ces voies : les signaux incidents se combinent avec des déphasages (arguments des réponses complexes) variable d'une antenne à l'autre. Cette analyse confirme que l'hétérogénéité du réseau assure une certaine décorrélation des signaux reçus.

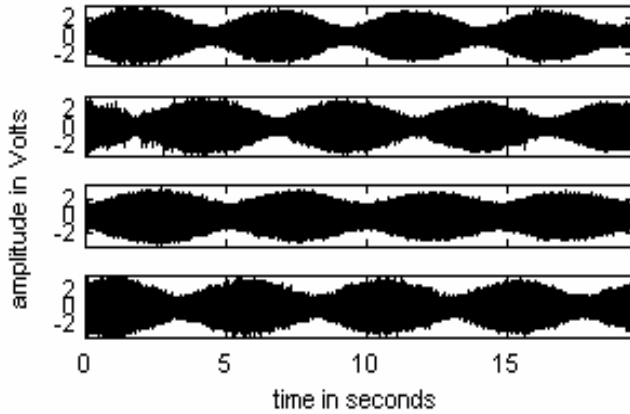


Figure 3: Signaux issus d'un réseau hétérogène

Deux types de réseaux hétérogènes sont utilisés pour cette application. Le premier est un réseau circulaire et le second un réseau de capteurs colocalisés.

3.1 Réseau circulaire

Le réseau circulaire est composé de huit antennes cadres verticales actives disposées sur un cercle de 25 m de rayon [Erhel, 2004]. Les antennes sont décalées entre elles de 30° selon le schéma de la figure 4. Chaque antenne a un diamètre de 1,3 m et est disposée à une hauteur de 1 m.

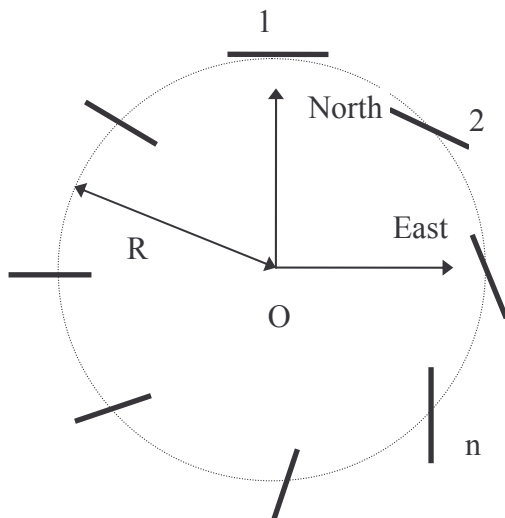


Figure 4: Réseau circulaire

3.2 Réseau de capteurs colocalisés

Le réseau de capteurs colocalisés [Le Bouter, 2005] représenté sur la figure 5 est composé de huit antennes regroupées sur trois capteurs. Il intègre les diversités de hauteur, d'espace, de polarisation et d'antennes.



Figure 5 : Réseau de capteurs colocalisés

4 STRUCTURE DE L'EGALISEUR

L'égalisation spatio-temporelle est implémentée pour chacune des NC voies de réception impliquant chacune un filtre F.I.R. composé de NR pads. Lors d'une précédente étude, l'algorithme L.M.S. (Least Mean Squares) était utilisé [Perrine, 2004]. L'inconvénient de cette méthode est qu'elle nécessite des séquences d'apprentissage en début et en cours de transmission. Or, ces dernières ne sont pas toujours à disposition et il est souhaitable de pouvoir restituer les données émises à partir de la seule observation de la sortie du canal. Le choix s'est porté sur un algorithme aveugle qui permet au contraire d'assurer la convergence à tout moment et de ce fait augmenter sensiblement le débit utile de transmission. D'autre part, plusieurs récepteurs peuvent écouter le même émetteur de manière asynchrone [Brossier, 1997] : il est en effet exclu de reémettre des trames d'apprentissage à chaque fois qu'un nouvel utilisateur se relie au système.

Compte-tenu de son succès dans la littérature et de sa relative simplicité liée à la possibilité de le faire fonctionner à l'ordre 2, l'algorithme utilisé est l'algorithme de Godard [Godard, 1980] dont la fonction de coût à l'ordre 2 est la suivante :

$$D^{(2)} = E(|Z_k|^2 - R_2)^2 \quad (1)$$

avec

$$R_2 = E[|a_n|^4] / E[|a_n|^2]^2 \quad (2)$$

où a_n désigne le symbole complexe transmis et z_k l'échantillon en sortie de l'égaliseur. Dans la perspective d'une implémentation sur une plate-forme D.S.P., la charge de calcul correspondante apparaît

rédhibitoire. L'algorithme d'adaptation est alors défini par :

$$\hat{\mathbf{W}}(k+1) = \hat{\mathbf{W}}(k) - \lambda \mathbf{X}_{\text{ext}}(k)^* z(k) (|z(k)|^2 - R_2) \quad (3)$$

où $\mathbf{X}_{\text{ext}}(k)$ est le vecteur $NC \times NR$ des échantillons de l'entrée et z_k calculé de la façon suivante :

$$z(k) = \hat{\mathbf{W}}(k)^T \mathbf{X}_{\text{ext}}(k). \quad (4)$$

La figure 6 résume toutes les étapes de traitement : filtres adaptés, synchronisation en phase, récupération de rythme, interpolation et égalisation aveugle C.M.A..

5 RESULTATS EXPERIMENTAUX

Une liaison expérimentale a été établie entre Valensole (Alpes du sud) et Monterfil (près de Rennes), soit une distance de 765 km. L'émetteur est composé d'un générateur de signaux piloté par un P.C., d'un amplificateur H.F. suivi d'une antenne biconique. La puissance émise est voisine de 200W. L'acquisition se fait via un PC et les signaux sont traités en temps différé en utilisant l'algorithme C.M.A..

L'algorithme WTSOM [Souhard, 2004] utilisé pour la compression/décompression des images transmises est basée sur la décomposition en ondelettes et la quantification vectoriel. Dans la plupart des cas un code de Reed Solomon est utilisé.

Pour le premier exemple, la forme d'onde est une modulation MAQ16 ; le facteur de retombé du filtre est de 0,2, le temps symbole est de 0,133 ms (largeur de bande de 9kHz) et le débit est de 30 kbits/s. Le réseau hétérogène utilisé est le réseau de capteurs colocalisés.

L'efficacité du traitement spatio-temporel est démontrée en comparant les variations du R.S.B. sur une des voies (figure 7) au R.S.B. en sortie de l'égaliseur (figure 8) : un fading profond apparaît sur la figure 7 qui n'apparaît plus sur la figure 8 où le R.S.B. conserve un niveau correct. A noter que l'évanouissement restant en fin de transmission peut être compensé en ajustant les paramètres de l'égaliseur. Pour autant, l'algorithme ne diverge pas.

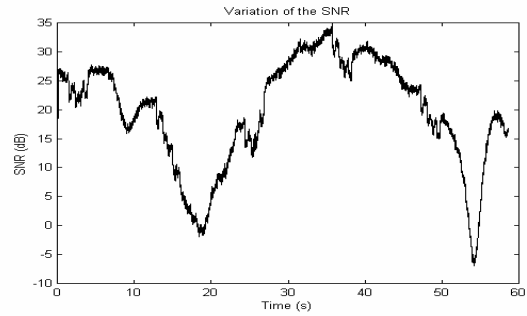


Figure 7 : R.S.B. obtenu sur une des voies

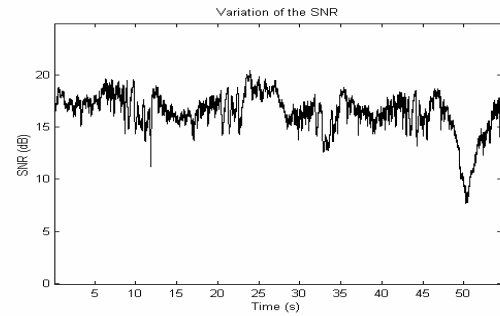


Figure 8 : R.S.B. obtenu à la sortie de l'égaliseur

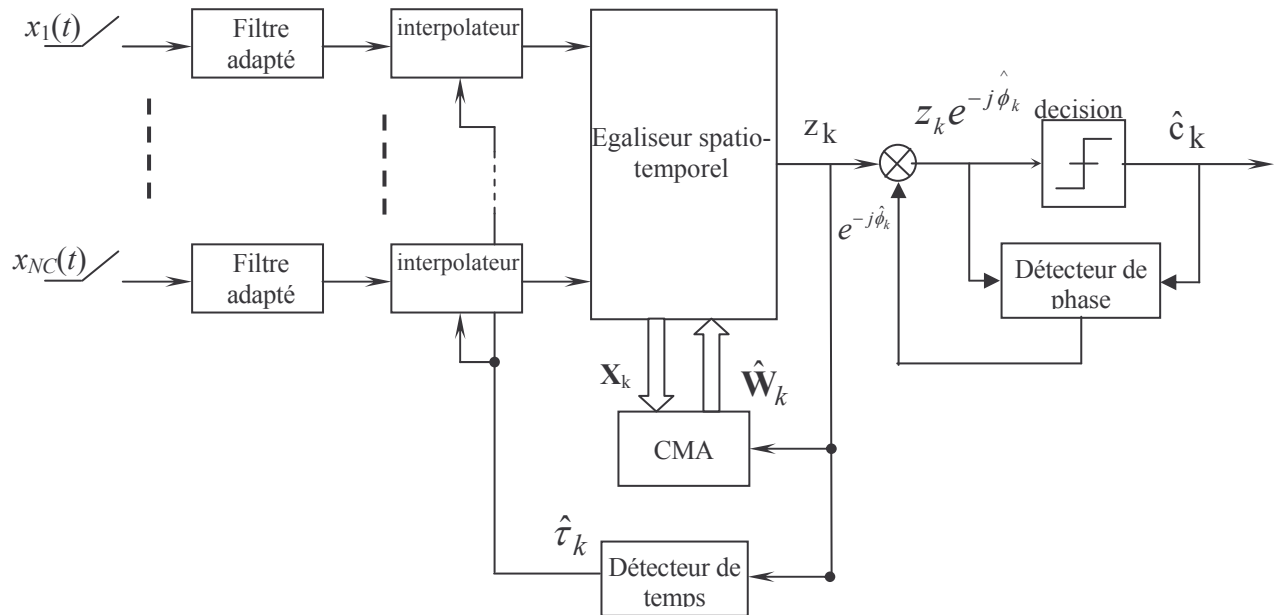


Figure 6 : Synoptique du système de réception

Le traitement spatio-temporel améliore la qualité « visuelle » de l'image comme le montre la figure 9 où l'on compare l'image obtenue après traitement sur une, puis sept voies.



Figure 9

Si l'étalement Doppler a des répercussions sur la forme temporelle du signal reçu (figure 1), l'étalement en temps de groupe agit sur son spectre. C'est ce que l'on constate à travers l'exemple suivant, où est représenté sur la figure 11 le spectre d'une des voies du signal reçu. Ce spectre laisse apparaître des « minima », le canal est alors sélectif en fréquence. Pour cet exemple, la forme d'onde est la même que précédemment avec un temps symbole de 0,1 ms correspondant à une bande de fréquence de 12 kHz. Le réseau hétérogène utilisé est le réseau circulaire.

Sur la figure 12 est représentée le spectre en sortie d'égalisation spatio-temporelle. Celui-ci est à comparer avec le spectre original de la figure 10. On constate que la distortion apportée par le canal est bien compensée par l'égaliseur malgré la présence de bruit sur le spectre de réception (figure 11).

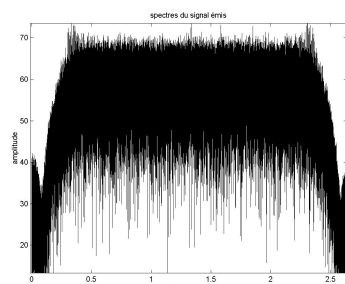


Figure 10: Spectre original

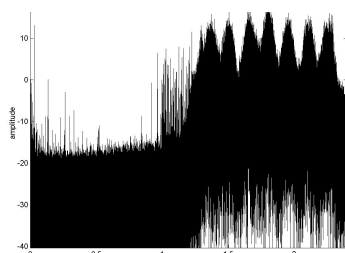


Figure 11: Spectre reçu d'une des voies

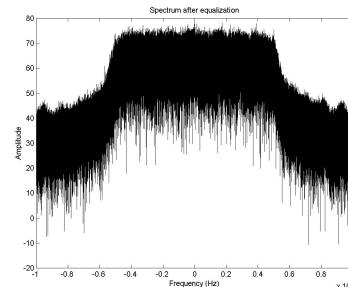


Figure 11: Spectre égalisé

Les deux images correspondant à ces signaux sont représentées sur la figure 13.



Figure 13: Images reçues après décompression

6 CONCLUSION

Cet article présente un modem H.F. à diversité d'antennes dont le but est d'augmenter le débit de transmission dans le contexte de liaisons H.F.. L'utilisation de l'algorithme C.M.A. et la technique de codage conjoint source canal « WT-SOM » permet de rendre le traitement spatiotemporel relativement efficace. Les dernières expérimentations ont permis d'atteindre un débit utile de 40 kbits/s dans une bande de 12 kHz, alors que le débit standard en H.F. est de 4.8 kbits/s dans une bande de 3 kHz.

De futurs travaux considéreront des liaisons plus longues (supérieures à 1000 km), augmentant ainsi le nombre de multitrajets. Ces conditions de propagations plus sévères permettront de tester la robustesse du système de réception.

Enfin, d'autres études consisteront à ajuster la polarisation émise dans le but de réduire le nombre de modes se propageant à travers l'ionosphère et ainsi renforcer la fiabilité du système de réception existant.

BIBLIOGRAPHIE

[Brossier, 1997] Jean-Marc Brossier "Signal et communication numérique, égalisation et synchronisation", éditions Hermès, Paris, 1997.

[Erhel, 2004] Y. Erhel, D. Lemur, L. Bertel and F. Marie "H.F. radio direction finding operating on a heterogeneous array : principles and experimental

validation “, Revue Radio-Science, vol 39, n°1, Jan-Feb 2004.

[Godard, 1980] D.N.Godard “Self-recovering equalization and carrier tracking in two-dimensional data communications systems”, IEEE transactions on communications, vol. COM28, n°11, November 1980.

[Le Bouter 2005] G. Le Bouter, L. Bertel, M. Oger, D. Lemur and A. Bourdillon “H.F. direction finding experimental results : comparison between a circular array and an array of collocated anrtennas sensors”, I.E.S. 2005 Washington 2005.

[Perrine, 2004] C. Perrine, Y. Erhel, D. Lemur, L. Bertel, A. Bourdillon “A way to increase the bit rate in ionospheric radio links” Annals of geophysics, supplement to volume 47, April 2004.

[Souhard, 2004] B. Souhard “Codage conjoint source canal : application à la transmission d’images fixes sur canal ionosphérique”, PhD thesis, University of Poitiers March 2004.

[Stanag, 4285] “Characteristics of 1200/2400/3600 bits per second single tone modulators/demodulators for HF radio links”, NATO STANAG 4285